

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-133337

(43)Date of publication of application : 18.05.2001

(51)Int.Cl.

G01L 3/10  
B62D 5/04  
G01L 5/22

(21)Application number : 11-311514

(71)Applicant : HONDA MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 01.11.1999

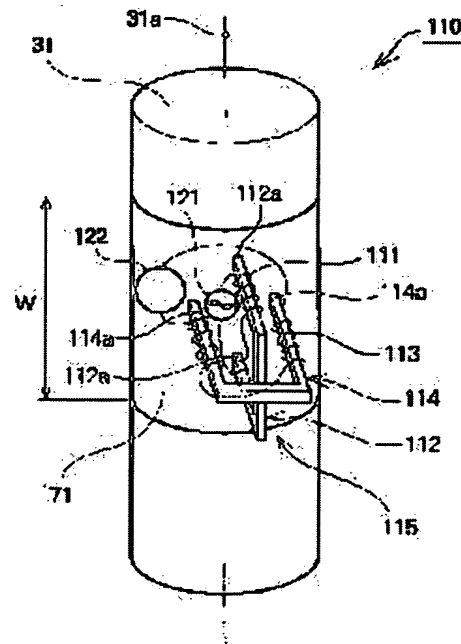
(72)Inventor : SHIMIZU YASUO  
OYAMA YASU HARU  
WATANABE KATSUJI  
YAMAWAKI SHIGERU  
YONEDA ATSUSHIKO  
TERADA YASUHIRO

## (54) MAGNETOSTRICTIVE TORQUE SENSOR AND ELECTRIC POWER STEERING DEVICE LOADED WITH MAGNETOSTRICTIVE TORQUE SENSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To increase the freedom of selection of the material for a rotating shaft and to reduce the cost of a magnetostrictive torque sensor.

**SOLUTION:** This magnetostrictive torque sensor 110 comprises a magnetostrictive film 71 having a magnetostrictive characteristic changed according to working torque, which is provided on a rotating shaft 31 in a prescribed width W over the whole circumference; a substantially U-shaped exciting magnetic core 112 having an exciting coil 111 wound thereon, which is arranged opposite to the magnetostrictive film 71; and a substantially U-shaped detecting magnetic core 114 having a detecting coil 113 wound thereon, which is arranged in the state where the phase is shifted 90° to the exciting magnetic core 112. A magnetic circuit is formed by the magnetic path passing the magnetostrictive film 71, the exciting coil 111 and the detecting coil 113. A bridge circuit is formed by the exciting coil 111 and the detecting coil 113. When a torque acts on the magnetostrictive film 71 through the rotating shaft 31, the magnetostrictive effect caused in the magnetostrictive film 71 according to this torque can be electrically detected in the bridge circuit.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-133337

(P2001-133337A)

(43) 公開日 平成13年5月18日 (2001.5.18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
G 0 1 L	3/10	G 0 1 L	3/10
B 6 2 D	5/04	B 6 2 D	5/04
G 0 1 L	5/22	G 0 1 L	5/22

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平11-311514

(22) 出願日 平成11年11月1日 (1999. 11. 1)

(71) 出願人 000005326

本田技研工業株式会社

東京都港区南青山二丁目1番1号

(72) 発明者 清水 康夫

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(72) 発明者 大山 泰晴

埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社  
本田技術研究所内

(74) 代理人 100067356

弁理士 下田 容一郎

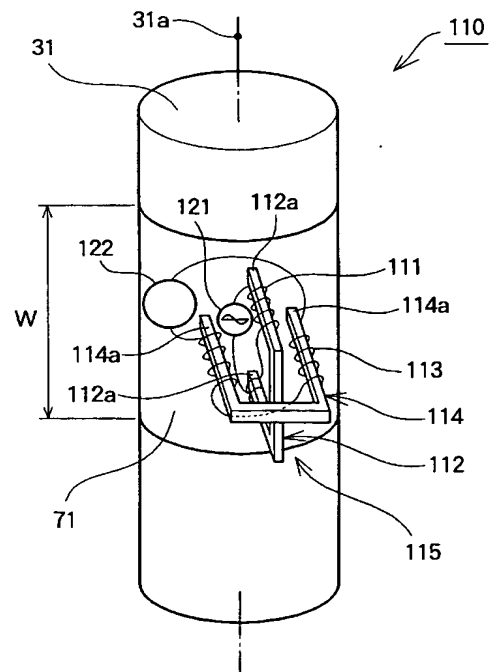
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁歪式トルクセンサ及び磁歪式トルクセンサを搭載した電動パワーステアリング装置

(57) 【要約】

【課題】 回転軸の材質の選定自由度を増すとともに、磁歪式トルクセンサを安価にすること。

【解決手段】 回転軸31に、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜71を所定幅Wで全周にわたって設け、この磁歪膜に対向して励磁コイル111を巻いた略U字形の励磁用磁心112を配置し、この励磁用磁心に対して90°位相を変えた状態で検出コイル113を巻いた略U字形の検出用磁心114を配置した磁歪式トルクセンサ110である。磁歪膜を通る磁路と励磁コイルと検出コイルとで磁気回路を形成した。励磁コイルと検出コイルとでブリッジ回路を構成した。回転軸を介して磁歪膜にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜に生じる磁歪効果をブリッジ回路にて電気的に検出することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸に、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜を所定幅で全周にわたって設け、この磁歪膜に対向して励磁コイルを巻いた略U字形の励磁用磁心を配置し、この励磁用磁心に対して90°位相を変えた状態で検出コイルを巻いた略U字形の検出用磁心を配置し、前記磁歪膜を通る磁路と前記励磁コイルと検出コイルとで磁気回路を形成し、前記励磁コイルと検出コイルとでブリッジ回路を構成したことで、前記回転軸を介して磁歪膜にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜に生じる磁歪効果を前記ブリッジ回路にて電気的に検出するように構成した磁歪式トルクセンサ。

【請求項2】 回転軸に、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜を所定幅で全周にわたって設け、この磁歪膜に対向して概ね8の字状の励磁コイルを配置し、この励磁コイルに概ね8の字状の検出コイルを90°位相を変えた状態で重ね合わせたことで、前記回転軸を介して磁歪膜にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜に生じる磁歪効果を検出コイルにて電気的に検出するように構成した磁歪式トルクセンサ。

【請求項3】 前記請求項1又は請求項2記載の磁歪式トルクセンサを、車両用ステアリングハンドルで発生したステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサとして搭載したことを特徴とする磁歪式トルクセンサを搭載した電動パワーステアリング装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁歪式トルクセンサ及び磁歪式トルクセンサを搭載した電動パワーステアリング装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 磁歪式トルクセンサは、回転軸にトルクが作用したときに、このトルクに応じて回転軸に生じる磁歪効果を検出コイルにて電気的に検出するセンサである。このような磁歪式トルクセンサとしては、例えば、特開平6-221940号公報「磁歪式トルクセンサ」（以下、「従来の技術①」と言う。）や特開平9-166505号公報「磁歪式トルクセンサの製造方法」（以下、「従来の技術②」と言う。）が知られている。

【0003】 上記従来の技術①は、同公報の図1に示される通り、磁歪特性を有するトルク伝達軸3（番号は公報に記載されたものを引用した。以下同じ。）の周面に対向して、概ね8の字状の励磁コイル1を配置し、この励磁コイル1に概ね8の字状の検出コイル2を90°位相を変えた状態で重ね合わせた磁歪式トルクセンサである。トルク伝達軸3にトルクが作用したときに、このトルクに応じてトルク伝達軸3に生じる磁歪効果を、検出コイル2で電気的に検出することができる。

【0004】 上記従来の技術②は、同公報の図1に示される通り、回転軸1の長手方向に傾斜した複数のパター

ンを有する第1の磁気異方性部21と、この第1の磁気異方性部21と反対向きに傾斜した複数のパターンを有する第2の磁気異方性部22とを、回転軸1の長手方向に2段で形成し、さらに、第1の磁気異方性部21を励磁コイル31並びに検出コイル41に挿入し、第2の磁気異方性部22を励磁コイル32並びに検出コイル42に挿入した磁歪式トルクセンサである。第1・第2の磁気異方性部21、22のパターンは、気相メッキ法にて形成した複数の短冊状の磁歪膜20…からなり、これらの磁歪膜20…を、回転軸1に所定幅で全周面にわたって所定ピッチで形成したものである。回転軸1を介して第1・第2の磁気異方性部21、22にトルクが作用したときに、このトルクに応じて第1・第2の磁気異方性部21、22に生じる磁歪効果を検出コイル41、42にて電気的に検出することができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記従来の技術①は、トルク伝達軸3の材質として磁歪効果の大きいものを選定する必要がある。このため、トルク伝達軸3の材質の選定自由度が劣る。また、熱処理によっても出力感度が低下することから、ステアリング等の強度部品に使用する場合に、実用性が乏しい。また、出力感度が低いことから、ノイズの影響を受けない高ゲイン増幅回路が必要である等の点からもステアリング等には不適であった。一方、上記従来の技術②は、回転軸1に複数の短冊状の磁歪膜20…を所定ピッチで形成するのであるから、磁歪膜20…の形成精度を高める必要がある。このため、磁歪膜20…を形成する場合に、マスキングを精度良く行う必要があり、生産性が劣るとともに、回転軸1に非磁性材料を使用しないと出力が小さいために回転軸1のコストがかかり、磁歪式トルクセンサのコストが増す。

【0006】 そこで本発明の目的は、回転軸の材質の選定自由度を増し、機械的強度や耐久性を備えるとともに、磁歪式トルクセンサを安価にすること、及び、このような回転軸並びに磁歪式トルクセンサを電動パワーステアリング装置に適用することができる技術を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】 上記目的を達成するために請求項1は、回転軸に、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜を所定幅で全周にわたって設け、この磁歪膜に対向して励磁コイルを巻いた略U字形の励磁用磁心を配置し、この励磁用磁心に対して90°位相を変えた状態で検出コイルを巻いた略U字形の検出用磁心を配置し、磁歪膜を通る磁路と励磁コイルと検出コイルとで磁気回路を形成し、励磁コイルと検出コイルとでブリッジ回路を構成したことで、回転軸を介して磁歪膜にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜に生じる磁歪効果をブリッジ回路にて電気的に検出するよう

に構成した磁歪式トルクセンサである。

【0008】回転軸に所定幅で全周にわたる磁歪膜を設けた簡素な構造であり、高価な磁歪材は厚さ1mm以下ですみ使用量も少ないことから、コストを低減できるので、回転軸に磁歪膜を設けることは容易である。しかも、回転軸に所定幅で全周にわたって磁歪膜を有するので、磁歪膜の磁歪効果は大きく、出力感度が高いので、高ゲインの増幅器等も不要であり、さらに、回転軸の表面に表皮として設けた磁歪膜の表皮効果により回転軸の材質の影響を受け難く、熱処理も可能であることから、機械的強度や耐久性が優れ、ステアリング等に好適である。磁歪膜に対向して、略U字形の励磁・検出用磁心を90°位相を変えた状態で配置したので、磁歪膜に作用したトルクに応じて磁歪膜に生じる磁歪効果を、ブリッジ回路にて電気的に検出する。ブリッジ回路による検出精度は高い。略U字形の励磁・検出用磁心の強度が大きく、耐久性に優れ、ステアリング等に好適であるとともに、製作が容易になる。

【0009】請求項2は、回転軸に、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜を所定幅で全周にわたって設け、この磁歪膜に対向して概ね8の字状の励磁コイルを配置し、この励磁コイルに概ね8の字状の検出コイルを90°位相を変えた状態で重ね合わせたことで、回転軸を介して磁歪膜にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜に生じる磁歪効果を検出コイルにて電気的に検出するように構成した磁歪式トルクセンサである。

【0010】回転軸に所定幅で全周にわたる磁歪膜を設けた簡素な構造であり、高価な磁歪材は厚さ1mm以下ですみ使用量も少ないことから、コストを低減できるので、回転軸に磁歪膜を設けることは容易である。しかも、回転軸に所定幅で全周にわたって磁歪膜を有するので、磁歪膜の磁歪効果は大きく、出力感度が高いので、高ゲインの増幅器等も不要であり、さらに、表皮効果により回転軸の材質の影響を受け難く、熱処理も可能であることから、機械的強度や耐久性が優れ、ステアリング等に好適である。磁歪膜に対向して、概ね8の字状の励磁・検出コイルを90°位相を変えて重ね合わせて配置したので、耐久性に優れ、ステアリング等に好適であるとともに、製作が容易になる。

【0011】請求項3は、請求項1又は請求項2記載の磁歪式トルクセンサを、車両用ステアリングハンドルで発生したステアリング系の操舵トルクを検出する操舵トルクセンサとして搭載したことを特徴とする電動パワーステアリング装置である。

【0012】回転軸を、操舵トルクを伝達する軸として使用することができる。従来の電動パワーステアリング装置において操舵トルクを検出する場合のように、回転軸を長手方向に二分割して、これら分割軸間をトーショ

ンバー構成になる。分割しない回転軸であるから、操舵トルクが作用したときに、磁歪式トルクセンサを配置した部分でのねじれ角が極めて小さくても、操舵トルクに応じて磁歪膜に生じる磁歪効果を検出コイル、ブリッジ回路にて検出することができる。しかも、モータの慣性モーメントIとトーションバーのばね定数kとの関係からなる下記共振点を高くすることができる。すなわち、トーションバーを介在しない一体型の回転軸であるから、ばね定数kが大きくなるので、その分、共振点が高くなる。従来のトーションバーを介在した場合には、ステアリングハンドルの操舵を停止したときにモータが若干遅れて停止するので、モータの慣性モーメントIがステアリングハンドルに伝わることによって、運転者はモータの慣性感を受ける。これに対して、トーションバーを介在しない一体型の回転軸であるから、ステアリングハンドルの操舵を停止したときにモータも即時に停止するので、モータの慣性感を減少させることができる。

【0013】

【数1】

$$\text{共振点} = \sqrt{\frac{k}{I}}$$

【0014】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を添付図面に基いて以下に説明する。なお、図面は符号の向きに見るものとする。図1(a)、(b)は本発明に係る磁歪式トルクセンサの原理図である。(a)に示すトルクセンサ70は、回転軸31に、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜71を所定幅Wで全周にわたって設け、この磁歪膜71に対向して、概ね8の字状の励磁コイル72を配置し、この励磁コイル72に概ね8の字状の検出コイル73を90°位相を変えた状態で重ね合わせて配置した磁歪式トルクセンサである。

【0015】詳しくは、トルクセンサ70は、励磁コイル72と検出コイル73とをほぼ同様の大きさでほぼ同心上に互いに略直交させて重ね、これらの励磁・検出コイル72、73を1組の磁気ヘッド74として、磁歪膜71の近傍に微小の空隙（例えば、0.4～0.6mm程度の空隙）を介して配置したものである。磁歪膜71の幅Wは、励磁・検出コイル72、73のコイル径よりも大きい。励磁・検出コイル72、73を、磁歪膜71の幅W内に完全に収めるように対向させて配置することになる。回転軸31の材質は、例えばクロムモリブデン鋼鋼材（JIS-G-4105、記号：SCM）である。この材料は、Ni成分をほとんど又は全く含んでいない。

【0016】磁歪膜71は、歪みの変化に対して磁束密度の変化の大きい材料からなる膜であり、例えば、回転軸31の外周面に気相メッキ法で形成したNi-Fe系の合金膜である。この合金膜の厚みは5μm程度である。Ni-Fe系の合金膜は、Niを概ね20重量%含

んだ場合と概ね50重量%含んだ場合に、磁歪定数が大きくなるので磁歪効果が高まる傾向にあり、このようなNi含有率の材料を使用することが好ましい。例えば、Ni-Fe系の合金膜として、Niを50~60重量%含み、残りがFeである材料を使用する。なお、磁歪膜71は強磁性体の膜であればよく、パーマロイ(Ni; 約78重量%、Fe; 残り)やスーパーマロイ(Ni; 78重量%、Mo; 5重量%、Fe; 残り)の膜であってもよい。ここで、Niはニッケル、Feは鉄、Moはモリブデンである。

【0017】このような磁歪膜71は、回転軸31を介して磁歪膜71にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜71に磁歪効果を生じるように回転軸31に一体的に設けてあればよく、例えば、回転軸31の外周面に貼り付けてもよい。

【0018】磁歪式のトルクセンサ70における励磁コイル72並びに検出コイル73の構成・作用については、特開平6-221940号公報「磁歪式トルクセンサ」に示されるように、公知のコイルである。すなわち、励磁コイル72並びに検出コイル73は、2つの円弧状の線(第1円弧線aと第2円弧線b)を向い合せて概ね真円状に配置し、第1円弧線aの一端cに第2円弧線bの一端dを対向させ、第1円弧線aの他端eに第2円弧線bの他端fを対向させ、第1円弧線aの一端cに直線gを介して第2円弧線bの他端fを結び、第2円弧線bの一端dから第1円弧線aの他端eの近傍まで直線hを延し、その延びた端をiとすることで、あたかも一筆書きの8の字状に巻いたコイルである。

【0019】この場合、励磁コイル72をなす8の字状の直線部分(直線g、h)を、回転軸31の外周にほぼ平行又は軸方向にほぼ平行にして配置する。第1円弧線aの他端eと直線hの端iとは、端子である。励磁コイル72の端子e、iには励磁電圧供給源75を接続し、検出コイル73の端子e、iには出力電圧増幅器76を接続することになる。

【0020】回転軸31を介して磁歪膜71にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜71に生じる磁歪効果を、検出コイル73にて電気磁氣的に検出することができる。すなわち、励磁電圧供給源75から励磁コイル72に20~100kHz程度の高周波数の交流電圧(励磁電圧)を供給すれば、トルクに基づく磁歪膜71の磁歪効果に対応して、検出コイル73にて励磁電圧と同じ周波数の交流電圧(出力電圧)を得ることができる。出力電圧は、磁歪膜71に作用するトルクの方

向によって、励磁電圧と同相又は逆相になる。このときの出力電圧の振幅は、トルクの大きさに比例する。従って、励磁電圧の位相を基準として、出力電圧を同期整流すれば、トルクの大きさと方向を検出することができる。

【0021】出力電圧は出力電圧増幅器76にて増幅さ

れ、トルクセンサ70の検出信号として、制御手段81に発することになる。なお、回転軸31の磁化力が小さければ、励磁コイル72と検出コイル73の巻数を増し、これらの励磁・検出コイル72、73を1巻ずつ交互に配列することで、対応すればよい。

【0022】(b)に示すトルクセンサ70は、励磁・検出コイル72、73からなる磁気ヘッド74を2組準備し、これら2組の磁気ヘッド74、74を、磁歪膜71に対向して回転軸31の軸線の対称位置に配置したものである。そして、出力電圧増幅器76で、検出コイル73、73からの出力電圧の差を増幅することにより、磁歪膜71と検出コイル73との間の隙間(ギャップ)のバラツキや環境温度の変化に対してあまり変化しない操舵トルク信号を得ることができる。

【0023】上記従来の技術の欄で説明した複数の短冊状の磁歪膜であれば、これらの磁歪膜を精度良く回転軸に設けることには、精密なマスキング技術及びこれに伴う高度な技術若しくは高価な設備が必要になる。この点、前記図1(a)、(b)のトルクセンサ70では、磁歪膜71を回転軸31に単に全周にわたって設けるだけであるから、回転角度を気にする必要がない。この結果、回転軸31に磁歪膜71を容易に設けることができ、そのための加工コストを大幅に低減することができる。さらには、回転軸31の材質については限定されないで、設計の自由度を高めることができる。次に、上記トルクセンサ70を車両用ステアリングシステム10に応用した例について説明する。

【0024】図2は本発明に係る車両用ステアリングシステムの模式図である。車両用ステアリングシステム10は、車両のステアリングハンドル11から操舵輪(車輪)21、21に至るステアリング系22に電動パワーステアリング装置30を備えた、電動パワーステアリングシステムである。

【0025】詳しくは、車両用ステアリングシステム10は、ステアリングハンドル11にステアリングシャフト12及び自在軸継手13、13を介して、電動パワーステアリング装置30の回転軸31を連結し、回転軸31にラックアンドピニオン機構32を連結し、ラックアンドピニオン機構32に左右のタイロッド37、37を介して左右の操舵輪21、21を連結したものである。ラックアンドピニオン機構32は、回転軸31に設けたピニオン33と、ピニオン33に噛み合うためのラック34を形成したラック軸35とからなる。電動パワーステアリング装置30はトルクセンサ70を備える。

【0026】このような車両用ステアリングシステム10によれば、運転者がステアリングハンドル11を操舵し、この操舵トルクにより回転軸31、ラックアンドピニオン機構32及び左右のタイロッド37、37を介して、左右の操舵輪21、21を操舵することができる。

【0027】さらには、ステアリングハンドル11で発

生したステアリング系22の操舵トルクをトルクセンサ70で検出し、この検出信号に基づき制御手段81で制御信号を発生し、この制御信号に基づき操舵トルクに応じた補助トルクを電動機82で発生し、補助トルクをトルクリミッタ90、歯車式減速機構100及び回転軸31を介して、ステアリング系22のラックアンドピニオン機構32に伝達し、このラックアンドピニオン機構32及び左右のタイロッド37、37によって、左右の操舵輪21、21を操舵することができる。従って、運転者の操舵トルクに電動機82の補助トルクを加えた複合トルクによって、操舵輪21、21を操舵することができる。

【0028】図3は本発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図であり、左端部及び右端部を断面して表したものである。この図は、電動パワーステアリング装置30のラック軸35を、車幅方向（図左右方向）に延びるハウジング41に軸方向へスライド可能に収容したことを示す。ラック軸35は、ハウジング41から突出した長手方向両端にボールジョイント36、36をねじ結合し、これらのボールジョイント36、36に左右のタイロッド37、37を連結した軸である。図中、38はラックエンド、42、42はブラケット、43、43はストップ、44、44はダストシール用ブーツである。

【0029】図4は図3の4-4線断面図であり、電動パワーステアリング装置30の縦断面構造を示す。電動パワーステアリング装置30は、回転軸31、ラックアンドピニオン機構32、トルクセンサ70、トルクリミッタ90（図2参照）、歯車式減速機構100をハウジング41に収納し、このハウジング41の上部開口をリッド45で塞いだものである。トルクセンサ70は、ハウジング41又はリッド45に取付けたものである。

【0030】回転軸31は、下部にピニオン33を一体に形成し、上端部をリッド45から外方へ突出した入力軸である。ハウジング41は、回転軸31の下端部及び長手中央部を、上下2個の軸受51、52を介して回転可能に支承することで、縦置きにセットしたものであり、ラックガイド60を備える。ラックガイド60は、ラック34と反対側からラック軸35にガイド部61を当て、更に圧縮ばね62を介して調整ボルト63にて押すことでラック34に予圧を与えて、ラック34をピニオン33に押し付けるものである。

【0031】歯車式減速機構100は、電動機82で発生した補助トルクを回転軸31に伝達するウォームギヤ機構である。詳しくは、歯車式減速機構100は、電動機82にトルクリミッタ90（図2参照）を介して連結した伝動軸101と、伝動軸101に形成したウォーム102と、ウォーム102に噛み合うとともに回転軸31に結合したウォームホイール103とからなる。補助トルクを、回転軸31を介してラックアンドピニオン機

構32に伝達することができる。図中、53はリッド取付ボルト、54は止め輪、55はねじ部、56はナット、57は袋ナット、58はオイルシール、59はスペーサ、64は当て部材、65はロックナットである。

【0032】ここで、図2の電動パワーステアリング装置30に磁歪式トルクセンサ70を使用したことによる効果を説明する。従来の電動パワーステアリング装置では、操舵トルクを伝達する回転軸を長手方向に二分割し、これら分割軸間をトーションバーにて連結することで、分割軸間のねじれ量を操舵トルクセンサにて検出していた。これに対し、操舵トルクをトルクセンサ70にて検出するようにし、このトルクセンサ70を、回転軸31に設けた磁歪膜71の磁歪効果を検出する磁歪式トルクセンサで構成したので、従来のように回転軸31を長手方向に二分割する必要がない。

【0033】分割しない回転軸31であるから、操舵トルクが作用したときに、磁歪式トルクセンサ70を配置した部分でのねじれ角が極めて小さくてすむ。回転軸31のねじれ角が小さくても、操舵トルクに応じて磁歪膜71に生じる磁歪効果を検出コイル73（図1参照）にて電気的に検出することによって、操舵トルクを速やかに検出することができる。従って、操舵トルクに応じた補助トルクを発生させて補助する車両用ステアリングシステム10の応答性を、より一層高めることができる。このため、操舵感覚（操舵フィーリング）を高めることができる。

【0034】さらには、回転軸31の表面に所定幅で全周にわたって磁歪膜71を設け、この磁歪膜71の磁歪効果を検出コイル73にて検出するようにした磁歪式トルクセンサ70を、操舵トルクセンサとして用いるので、回転軸31の材質については限定されない。このため、回転軸31として機械的強度が大きい材料を用いることができる。例えば、機械的強度が大きい材料からなる回転軸31並びにピニオン33とすることで、ピニオン33の強度をも十分に高めることができる。この結果、ピニオン33とラック34との噛み合い強度が高まるので、補助トルクが、通常の操作時よりも大きい場合であっても、大きいトルクを十分に伝達することができる。従って、電動機82の慣性による負荷トルクに対して十分な耐久性を有するラックアンドピニオン機構32を備えた、電動パワーステアリング装置30とすることができる。

【0035】さらにまた、回転軸31を分割しないので、回転軸31を簡素な構成にすることができるとともに、十分に長くすることができる。回転軸31が長いと、回転軸31にピニオン33を加工する場合に、回転軸31を加工機械にセッティングすることが容易であり、加工精度を一層高めることができる。加工精度が高まると、ピニオン33とラック34との噛み合い精度も高まる。この結果、ラックアンドピニオン機構32の動

力伝達効率を高めることができる。

【0036】次に、磁歪式トルクセンサの他の実施の形態について、図5～図7に基づき説明する。なお、上記図1～図4に示す構成と同様の構成については同一符号を付し、その説明を省略する。図5は本発明に係る磁歪式トルクセンサ（他の実施の形態）の原理図である。トルクセンサ110は、回転軸31に、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜71を所定幅Wで全周にわたって設け、この磁歪膜71に対向して、励磁コイル111を巻いた略U字形の励磁用磁心112を配置し、この励磁用磁心112に対して90°位相を変えた状態で検出コイル113を巻いた略U字形の検出用磁心114を配置し、磁歪膜71を通る磁路と励磁コイル111と検出コイル113とで磁気回路を形成した磁歪式トルクセンサである。すなわち、磁歪膜71を磁路の一部としたものである。

【0037】磁歪式トルクセンサ110における励磁・検出用磁心112、114並びに励磁・検出コイル111、113の構成・作用については、「センサハンドブック」（発行日：昭和61年5月30日、第123頁、培風館発行）に示されるように、公知の部材である。すなわち、励磁用磁心112と検出用磁心114とを正面視十文字状に組合せ、この組合せた励磁・検出用磁心112、114の先端112a、112a、114a、114aを、回転軸31の軸線31a側に向けるとともに磁歪膜71の近傍に微小の空隙（例えば、0.4～0.6mm程度の空隙）を介して配置したものである。この場合、励磁用磁心112の2つの先端112a、112aを、軸線31aにほぼ平行に配置又は軸線31aにほぼ直交する方向に配置する。

【0038】このような励磁・検出用磁心112、114に励磁・検出コイル111、113を巻いて、1組の磁気ヘッド115とする。励磁コイル112の両端には励磁電圧供給源121を接続し、検出コイル113の両端には出力電圧増幅器122を接続することになる。ところで、磁歪膜71の幅Wは、励磁・検出用磁心112、114並びに励磁・検出コイル111、113が完全に収まる大きさである。

【0039】図6は本発明に係る磁歪式トルクセンサ（他の実施の形態）の原理図であり、上記図5の励磁用磁心112の2つの先端112a、112aを、軸線31aに対してほぼ45°傾けて配置したことを示す。

【0040】図7は本発明に係る磁歪式トルクセンサ（他の実施の形態）のブリッジ回路の等価回路図である。ブリッジ回路123は、上記図5や図6に示す励磁コイル111並びに検出コイル113を、2個の抵抗R1、R2とともに構成したL-Rブリッジ回路である。このようなブリッジ回路123は、磁歪膜71を磁路の一部とする磁気回路を形成する励磁手段と、磁歪膜71に生じる磁歪効果を検出する検出手段とを兼ねたものであ

る。Cはコンデンサである。

【0041】図5や図6に示す回転軸31を介して磁歪膜71にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜71に生じる磁歪効果を、図7のブリッジ回路123にて電氣的に検出することができる。詳しくは、励磁電圧供給源121から励磁コイル111に高周波数の交流電圧（励磁電圧）を供給すれば、トルクに基づく磁歪膜71の磁歪効果に対応してブリッジのバランスがくずれる。すなわち、図7の出力点O1の出力電圧と出力点O2の出力電圧とのバランスがくずれるので、これらの出力電圧の差を出力電圧増幅器122にて差動増幅して取り出すことができる。出力電圧増幅器122にて増幅された出力電圧は、トルクセンサ110の検出信号として、制御手段81に発することになる。

【0042】図5～図7に示すトルクセンサ110では、上記図1のトルクセンサ70と同様に、磁歪膜71を回転軸31に単に全周にわたって設けるだけであるから、回転角度を気にする必要がない。この結果、回転軸31に磁歪膜71を容易に設けることができ、そのための加工コストを大幅に低減することができる。さらには、回転軸31の材質については限定されないので、設計の自由度を高めることができる。さらには、トルクセンサ110を図2の電動パワーステアリング装置30に使用することによって、上記図1のトルクセンサ70を用いた場合と同様の作用、効果を奏する。

【0043】なお、上記実施の形態において、磁歪式トルクセンサ70、110は電動パワーステアリング装置30に備えたものに限定されるものではなく、各種装置に適用可能である。

【0044】

【発明の効果】本発明は上記構成により次の効果を発揮する。請求項1は、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜を、回転軸に所定幅で全周にわたって設けるだけなので、回転角度を気にする必要がない。この結果、回転軸に磁歪膜を容易に設けることができ、そのための加工コストを大幅に低減することができる。

【0045】しかも、回転軸に所定幅で全周にわたって設けた磁歪膜であり、表皮部分の磁歪膜の磁歪効果が大きく、出力感度が高いので、高ゲインの増幅器等も不要であり、さらに、回転軸の表面に表皮として設けた磁歪膜の表皮効果により回転軸の材質の影響を受け難く、熱処理も可能であることから、機械的強度や耐久性が優れ、ステアリング等に好適である。このように磁歪効果が高まった磁歪膜に対向して励磁コイルを巻いた略U字形の励磁用磁心を配置し、この励磁用磁心に対して90°位相を変えた状態で検出コイルを巻いた略U字形の検出用磁心を配置し、磁歪膜を通る磁路と励磁コイルと検出コイルとで磁気回路を形成し、励磁コイルと検出コイルとでブリッジ回路を構成することで、回転軸を介して磁歪膜にトルクが作用したときに、このトルクに応じて

磁歪膜に生じる磁歪効果をブリッジ回路にて電気的に検出するのであるから、ブリッジ回路による検出精度を高めることができる。そして、略U字形の励磁・検出用磁心の強度が大きく、耐久性に優れ、ステアリング等に好適であるとともに、製作が容易になる。

【0046】さらには、回転軸の表面に表皮としての磁歪膜を設け、この磁歪膜の磁歪効果をブリッジ回路にて検出するようにしたので、その検出信号は回転軸の材料の影響を受けない。このため、回転軸の材質については限定されないで、設計の自由度を高めることができる。従って、回転軸の材質の選定自由度を高めるとともに、磁歪式トルクセンサを安価にすることができる。

【0047】請求項2は、作用トルクに応じて磁歪特性が変化する磁歪膜を、回転軸に所定幅で全周にわたって設けるだけなので、回転角度を気にする必要がない。この結果、回転軸に磁歪膜を容易に設けることができ、そのための加工コストを大幅に低減することができる。さらに、励磁・検出コイルが小型になるとともに、回転軸に設けた磁歪膜の幅が小さくなるので、磁歪膜の素材コストを低減することができる。

【0048】しかも、回転軸に所定幅で全周にわたって設けた磁歪膜であり、表皮部分の磁歪膜の磁歪効果が大きく、出力感度が高いので、高ゲインの増幅器等も不要であり、さらに、回転軸の表面に表皮として設けた磁歪膜の表皮効果により回転軸の材質の影響を受け難く、熱処理も可能であることから、機械的強度や耐久性が優れ、ステアリング等に好適である。このように磁歪効果が高まった磁歪膜に対向して概ね8の字状の励磁コイルを配置し、この励磁コイルに概ね8の字状の検出コイルを90°位相を変えた状態で重ね合わせることで、回転軸を介して磁歪膜にトルクが作用したときに、このトルクに応じて磁歪膜に生じる磁歪効果を検出コイルにて電気的に検出するのであるから、検出コイルによる検出精度を高めることができる。

【0049】さらには、回転軸の表面に表皮としての磁歪膜を設け、この磁歪膜の磁歪効果を検出コイルにて検出するようにしたので、その検出信号は回転軸の材料の影響を受けない。このため、回転軸の材質については限定されないで、設計の自由度を高めることができる。従って、回転軸の材質の選定自由度を高めるとともに、磁歪式トルクセンサを安価にすることができる。

【0050】請求項3は、操舵トルクを操舵トルクセンサにて検出するようにし、この操舵トルクセンサを、回転軸に設けた磁歪膜の磁歪効果を検出する磁歪式トルクセンサで構成したので、回転軸を、操舵トルクを伝達する軸として使用することができる。従来の電動パワーステアリング装置において操舵トルクを検出する場合のように、回転軸を長手方向に二分割して、これら分割軸間をトーションバーにて連結する必要がない。このように回転軸を分割しないので、回転軸を簡素な構成にするこ

とができる。

【0051】しかも、分割しない回転軸であるから、操舵トルクが作用したときに、磁歪式トルクセンサを配置した部分でのねじれ角が極めて小さくてすむ。回転軸のねじれ角が小さくても、操舵トルクに応じて磁歪膜に生じる磁歪効果を検出コイルにて電気的に検出することによって、操舵トルクを速やかに検出することができる。従って、操舵トルクに応じた補助トルクを発生させて補助するステアリングシステムの応答性を、より一層高めることができる。このため、操舵感覚を高めることができる。

【0052】さらには、分割しない回転軸であるから、十分に長くすることができる。回転軸が長いと、回転軸にピニオンを加工する場合に、回転軸を加工機械にセッティングすることが容易であり、加工精度を一層高めることができる。加工精度が高まると、ピニオンとラックとの噛み合い精度も高まる。この結果、ラックアンドピニオン機構の動力伝達効率を高めることができる。

【0053】さらにまた、回転軸の表面に所定幅で全周にわたって磁歪膜を設け、この磁歪膜の磁歪効果を検出コイルにて検出するようにした磁歪式トルクセンサを、操舵トルクセンサとして用いるので、回転軸の材質については限定されない。このため、回転軸として機械的強度が大きい材料を用いることができる。例えば、回転軸からラックアンドピニオン機構を介して操舵輪にトルクを伝達する構成であって、回転軸にピニオンを一体に形成する場合には、機械的強度が大きい材料からなる回転軸並びにピニオンとすることで、ピニオンの強度を十分に高めることができる。この結果、ピニオンとラックとの噛み合い強度が高まるので、補助トルクが、通常の操作時よりも大きい場合であっても、大きいトルクを十分に伝達することができる。従って、電動機の慣性による負荷トルクに対して十分な耐久性を有するラックアンドピニオン機構を備えた、電動パワーステアリング装置とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る磁歪式トルクセンサの原理図

【図2】本発明に係る車両用ステアリングシステムの模式図

【図3】本発明に係る電動パワーステアリング装置の全体構成図

【図4】図3の4-4線断面図

【図5】本発明に係る磁歪式トルクセンサ（他の実施の形態）の原理図

【図6】本発明に係る磁歪式トルクセンサ（他の実施の形態）の原理図

【図7】本発明に係る磁歪式トルクセンサ（他の実施の形態）のブリッジ回路の等価回路図

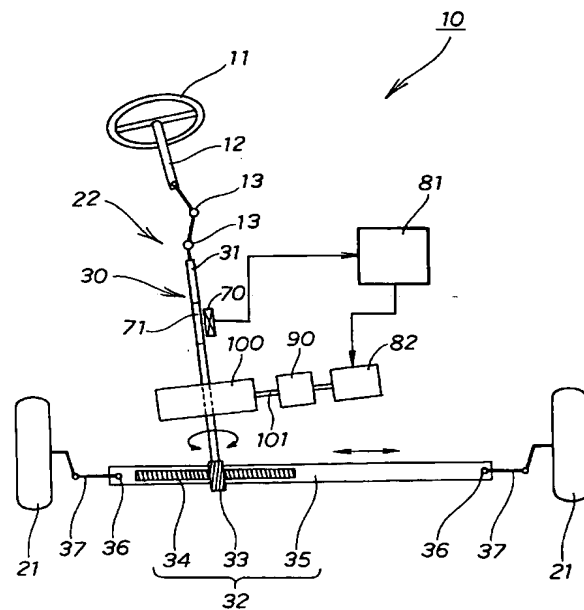
【符号の説明】

10…車両用ステアリングシステム、11…ステアリン

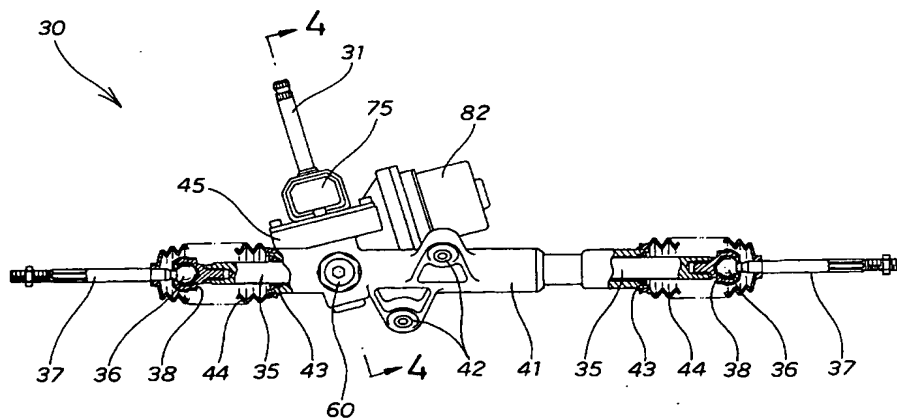


磁歪式トルクセンサ（トルクセンサ、操舵トルクセンサ）、１１１…励磁コイル、１１２…励磁用磁心、１１３…検出コイル、１１４…検出用磁心、１２３…ブリッジ回路、W…磁歪膜の所定幅。

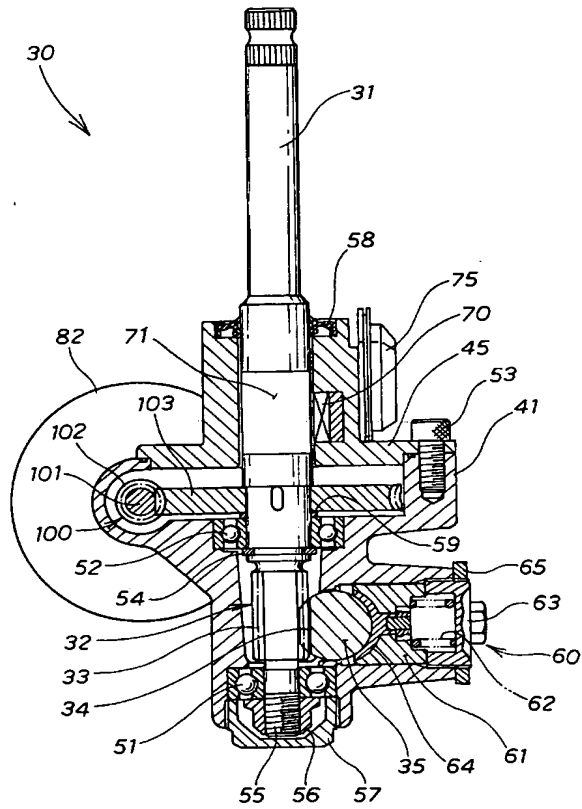
【図 2】



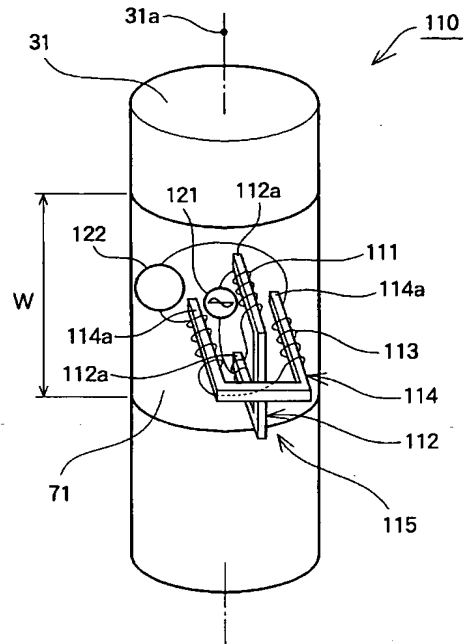
【図 3】



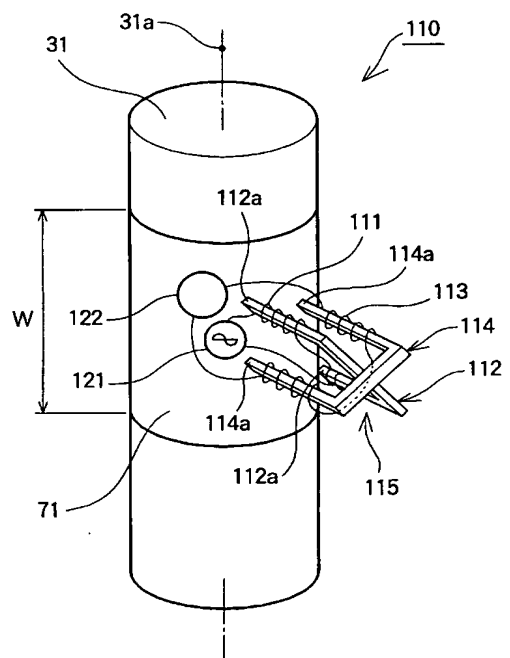
【図4】



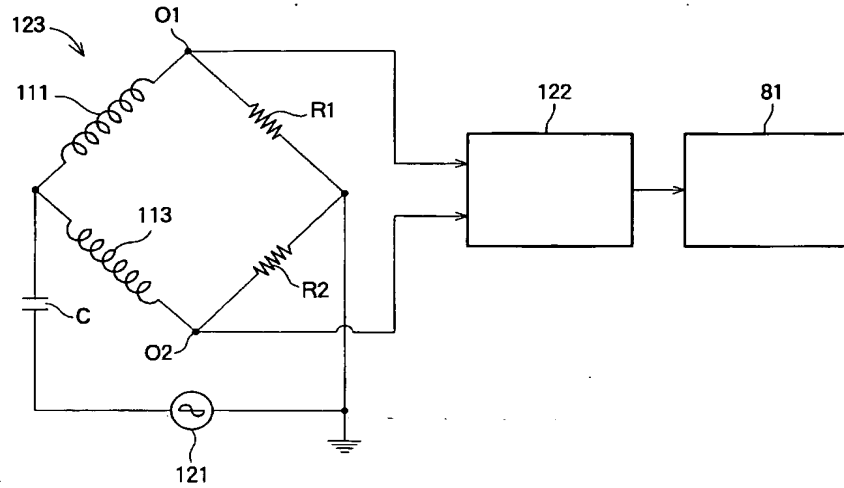
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 勝治  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内  
(72)発明者 山脇 茂  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

(72)発明者 米田 篤彦  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内  
(72)発明者 寺田 泰浩  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会  
社本田技術研究所内

Fターム(参考) 2F051 AA01 AB05 AC01 BA03  
3D033 CA28